



TITLE:

# 心電アトラクターのリアプノフ数 (カオスとその周辺,研究会報告)

AUTHOR(S):

永井, 喜則; 荻原, 利彦; 土屋, 尚

---

CITATION:

永井, 喜則 ...[et al]. 心電アトラクターのリアプノフ数(カオスとその周辺,研究会報告). 物性研究 1991, 56(2): 219-221

ISSUE DATE:

1991-05-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/94510>

RIGHT:

## 心電アトラクターのリアプノフ数

麻布大・教養 永井喜則, 麻布大・環境生理 荻原利彦  
 中京女子大・短大部 土屋尚

わらわれは生体リズムの中で最も規則正しいと考えられる心臓の拍動にも十パーセント程度のゆらぎがあり、力学系におけるリミットサイクル的なものとは考え難いことを見いだした。心臓の拍動におけるリズムの乱れは、周期的なものからの僅かづつのずれであり、それはカオスと考えることができる。このような観点から心臓の拍動に伴う電気的变化を記録した心電図の解析を試みてきた。ここでは、カエルの心電時系列データを三次元に埋め込んでつくられた心電アトラクターのリアプノフ数を佐野らの方法〔1〕により求めたので、その結果を報告する。

リアプノフ数を求めるのに用いたカエルの三次元心電アトラクターを図1に示す。リアプノフ数は次のようにして求めた。アトラクター上で適当に選んだ非常に近い2点のアンサンブルをつくり、それら対の2点がある時間経過した後どの程度離れたかを距離の比として求め、その対数値からリアプノフ数を求める。この方法を繰り返すことによって、非常に近い2点のアンサンブルに対応したリアプノフ数の分布が求められる。図2に示した

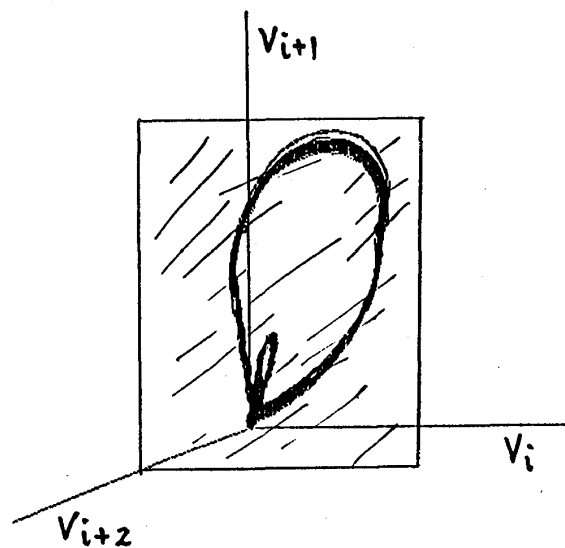


図1 心電時系列データを三次元に埋め込んだアトラクター

ものが、その結果である。リアプノフ数の分布は埋め込み次元を変えても大き

な変化は示さない。アンサンブルの平均リアプノフ数は埋め込み次元の値をあげてゆくと若干減少してゆく傾向を示すが、計算した埋め込み次元2～5の範囲ではほぼ一定と考えることもできる。平均リアプノフ数の埋め込み次元依存性を図3に示す。

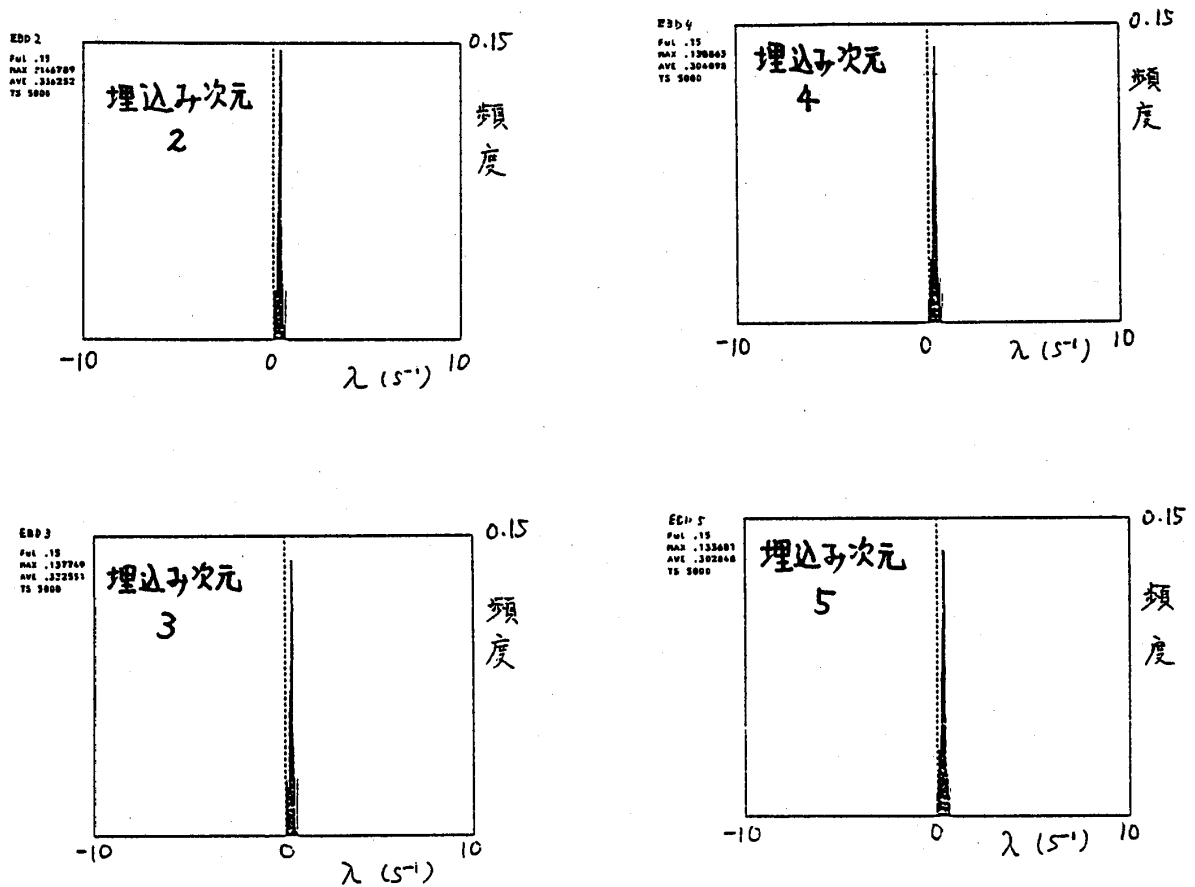


図2 リアプノフ数分布 時間間隔は10秒。埋め込み次元2～5。

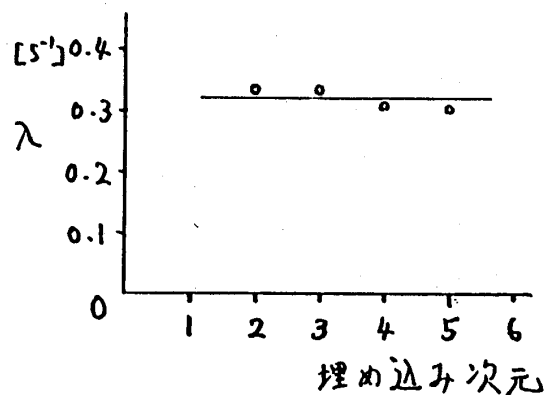


図3 平均リアプノフ数の埋め込み次元依存性

佐野らに従えば、リアプノフ数を求める時間間隔を変えたときに局所的に軌道が指数関数的分離をしめせば、その部分からリアプノフ数が求まる。時間間隔を変えたときの平均の軌道分離の比率の対数値 ( $\lambda t$ ) の変化をみたものが図4である。図には局所的に引ける直線がいくつか見いだせる。

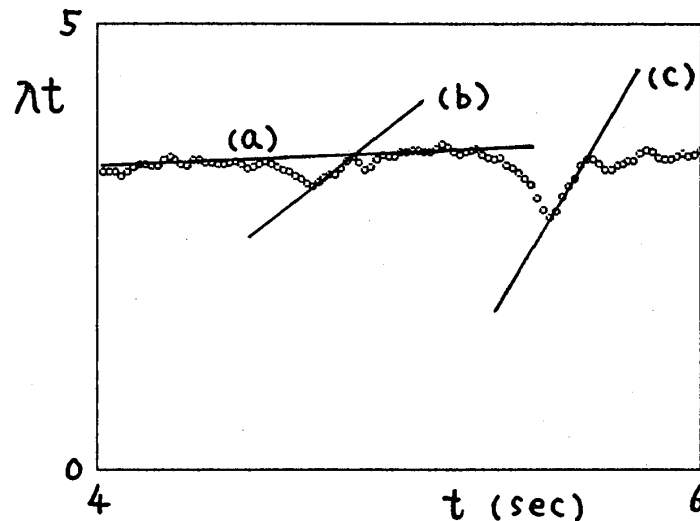


図4 平均軌道分離比率の対数値 ( $\lambda t$ ) の時間依存性

図中に三本の直線を引いてその傾きよりリアプノフ数を求めると、次のようになった。

(a):  $0.157 \text{ s}^{-1}$ , (b):  $2.44 \text{ s}^{-1}$ , (c):  $6.01 \text{ s}^{-1}$

ここで使用した方法は最大リアプノフ数を簡便に求めるためのものである。より正確にリアプノフ数を求めるためには、接ベクトルを求め、それからリアプノフ数を求める方法がよい [2]。その結果はいずれどこかに報告する。

#### 参考文献

- [1] S. Sato, M. Sano, and Y. Sawada Prog. Theor. Phys. 77 (1987) 1
- [2] M. Sano and Y. Sawada Phys. Rev. Lett. 55 (1985) 1082

謝辞 適切な示唆と御教示に与った 東北大通研 佐野雅己 氏と適切な御指摘を受けました 日大原研 島田一平 氏に感謝致します。